

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ПРОГРАМНОЇ  
ІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

**ЗОЛОТАР ІГОР СТЕПАНОВИЧ**

УДК 004.02; 004.6

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ПІДХОДУ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЇ  
ОПТИМІЗАЦІЇ**

8.18010015 «Консолідована інформація»

**Автореферат**  
дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль  
2017

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних наук

**Пасічник Володимир Володимирович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

**Рецензент:** доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики

**Дідух Леонід Дмитрович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 24 лютого 2017 р. о 9<sup>00</sup> годині на засіданні експертної комісії №31 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 46, навчальний корпус №1, ауд.701.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Використання моделей та алгоритмів дискретної оптимізації (ДО), дозволяє вирішувати багато задач, таких, як задачі оптимізації на мережах; маршрутизації трафіку в комунікаційних мережах; задачі розміщення економічних об'єктів; задачі оптимізації автоматизованих систем планування ресурсів; задачі логістики (оптимізацію ланцюжків пропозиції) [1]; задачі штучного інтелекту і робототехніки [3]. Це обумовлено тим, що дискретні оптимізаційні моделі адекватно відбивають нелінійні залежності та враховують обмеження логічного і технологічного типу, а також мають якісний характер [33].

Достатня кількість цих задач NP-важкі, їх вирішення в гіршому випадку може вимагати побудови дерева пошуку рішень експоненціального розміру. Багато практичних завдань ДО містять величезну кількість змінних «і/або» обмежень, що створюють складнощі при спробі вирішення цих задач за допомогою сучасних алгоритмів.

В даний час серед найбільш перспективних напрямків досліджень в області дискретної оптимізації можна виділити такі підходи [36]:

- розроблення ефективних обчислювальних алгоритмів (точних та наближених) для вирішення завдань ДО;
- пошук спеціальних класів задач ДО, на яких добре працюють ті чи інші алгоритми;
- розроблення та дослідження алгоритмів ДО з ефективним розпаралелюванням обчислень;
- теоретичний аналіз складності алгоритмів розв'язання задач ДО.

**Мета роботи:** визначення ефективності використання нейромережевого підходу до вирішення задач дискретної оптимізації, зокрема задачі про мінімальне покриття.

**Об'єкт, методи та джерела дослідження.** Розв'язання задачі про мінімальне покриття на графі.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Розроблена нейромережна модель вирішення задачі про мінімальне покриття, розроблено програмний продукт «Нейронна мережа Хопфілда вирішення задач ДО», що реалізує ефективний обчислювальний алгоритм вирішення задачі про мінімальне покриття на графі використовуючи методику обчислення коефіцієнтів штрафних членів функції енергії мережі Хопфілда

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на IX Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (20-21 квітня 2016 р., м. Тернопіль).

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 7 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 110 арк. формату А4, графічна частина – 7 аркушів формату А1

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** розглянуто актуальність використання нейромережових мереж.

**В першому розділі** описано наступне:

1. Проведений аналіз існуючих методів вирішення задач дискретної оптимізації.

2. Проведений аналіз ефективності використання штучних нейронних мереж для вирішення задач оптимізації. Було приведено та проаналізовано різні типи, архітектур та способи навчання нейронних мереж.

3. Зроблено огляд робіт науковців, таких як Хопфілд та Танк, в яких вони сформулювали основні поняття використання функції енергії для задач оптимізації..

**В другому розділі** зроблено наступне:

1. Розроблено модель нейронної мережі Хопфілда для вирішення оптимізаційних задач, а саме, задачі комівояжера та задачі про мінімальне покриття.

2. Досліджено функцію енергії мережі Хопфілда для задач оптимізації, на основі запропонованої в роботі Хопфілда і Танка.

3. Розроблено алгоритм, а саме, опис функції енергії для вирішення поставлених задач і алгоритм вирішення задачі про мінімальне покриття з використанням нейронної мережі Хопфілда

**В третьому розділі** описано наступне:

1. Розроблений алгоритм вирішення задачі про мінімальне покриття на основі ШНМ Хопфілда.

2. Описано реалізацію програмного продукту «ШНМ Хопфілда вирішення задачі про мінімальне покриття», а також вимоги до вхідного файлу програми.

3. Проведений порівняльний аналіз отриманих результатів та аналіз впливу розмірності вхідних даних та вхідних параметрів на результат роботи нейромережового методу для вирішення задачі про мінімальне покриття.

4. Розроблений програмний продукт дозволив на основі нейромережової технології забезпечити реалізацію вирішення задачі про мінімальне покриття, та проаналізувати похибку нейромережового методу та межі його застосування.

**В частині “Спеціальна частина”** описано базові елементи мови C#, зокрема, звернуто увагу на типи даних, класи та методи, вирази і оператори, інтерфейс та серіалізацію об’єктів.

**В частині “Обґрунтування економічної ефективності”** здійснено економічні розрахунки, спрямовані на визначення економічної ефективності від дослідження ефективності використання нейромережового підходу до вирішення задач дискретної оптимізації, а також прийнято рішення щодо подальшого розвитку

**В частині “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях”** описано психологію безпеки праці і ергономіку, характеристику вогнегасних речовин, забезпечення електробезпеки користувачів ПК.

**В частині “Екологія”** описано статистичне оцінювання екологічного стану навколишнього природного середовища та закономірностей його розподілу; статистичний аналіз екологічності виробництва.

**У загальних висновках щодо дипломної роботи** описано прийняті в роботі технічні рішення.

## **ВИСНОВКИ**

В ході виконання завдань дипломної роботи було виконано ряд наступних робіт:

В ході виконання завдань магістерської роботи було зроблено наступне:

1. Проведений огляд і аналіз підходів до вирішення задач дискретної оптимізації на основі використання апарату штучних нейронних мереж, а також проаналізовано ефективність використання штучних нейронних мереж для вирішення задач оптимізації.

2. Досліджено використання ШНМ Хопфілда та функції енергії для вирішення задачі комівояжера. Аналіз функції енергії показав ефективності вирішення задачі комівояжера.

3. Запропоновано підхід до вирішення задачі про мінімальне покриття на основі ШНМ Хопфілда, а саме побудовано нейромережеву модель вирішення задачі про мінімальне покриття, розроблено методику та алгоритм розв'язання задачі на основі побудованої нейромережевої моделі. Приведено опис функції енергії для розв'язання задачі. Запропонований алгоритм навчання мережі Хопфілда для вирішення задачі довів свою ефективність шляхом моделювання експериментів. Результати моделювання показали, що запропонований алгоритм працює з похибкою (10% – 12%), що робить його придатним до використання для вирішення практичних завдань в умовах певних обмежень на точність результату та розмірність вирішуваної задачі.

4. Розроблено програмний продукт, який дозволяє провести вирішення задачі про мінімальне покриття з використанням моделі та функції енергії нейронної мережі Хопфілда. В ході експериментального моделювання було досліджено вплив вибору початкових станів нейромережевої моделі і режимів функціонування нейронної мережі Хопфілда на якість отримуваних результатів. Проведено аналіз отриманих результатів порівняно з точним методом та зроблено висновок, що нейромережевий метод показав більшу часову складність вирішення задачі ніж точний метод.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. І. Золотар. Веб-простір / Золотар І. – Тези доповіді на IX Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». Том І, Тернопіль, 20-21 квітня 2016 року. – Тернопіль, ТНТУ, 2016. – с. 57-58.

## **АНОТАЦІЯ**

Метою дипломної роботи є дослідження ефективності використання нейромережевого підходу до вирішення задачі про мінімальне покриття.

Об'єктом дослідження є розв'язання задачі про мінімальне покриття на графі. Предмет дослідження – дослідження алгоритмів вирішення задачі про мінімальне покриття на основі апарату ШНМ.

Для вирішення поставлених задач у роботі використовувалися методи оптимізації, теорії графів, нейронних мереж, алгоритми вирішення задач комбінаторної та дискретної оптимізації.

У результаті роботи розроблена нейромережна модель вирішення задачі про мінімальне покриття, розроблено програмний продукт «Нейронна мережа Хопфілда вирішення задач ДО», що реалізує ефективний обчислювальний алгоритм вирішення задачі про мінімальне покриття на графі використовуючи методику обчислення коефіцієнтів штрафних членів функції енергії мережі Хопфілда.

Результати моделювання показали, що запропонований алгоритм працює з похибкою (10% – 12%), що робить його придатним до використання для вирішення практичних завдань в умовах певних обмежень на точність результату та розмірність вирішуваної задачі.

Розроблено програмний продукт, який дозволяє провести вирішення задачі про мінімальне покриття. В ході експериментального моделювання було досліджено вплив вибору початкових станів нейромережевої моделі Хопфілда на якість отримуваних результатів. Проведено аналіз отриманих результатів порівняно з точним методом та зроблено висновок, що нейромережевий метод показав більшу часову складність вирішення задачі ніж точний метод.

Моделювання виконано засобами наступних інструментів: пакет візуального моделювання IBM Rational Rose; програмне середовище розробки програмного продукту – Microsoft Visual Studio 2010; мова програмування – C#.

**Ключові слова:** НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, ФУНКЦІЯ ЕНЕРГІЇ, ХОПФІЛД І ТАНК, НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ, ДИСКРЕТНА ОПТИМІЗАЦІЯ, ЗАДАЧА КОМІВОЯЖЕРА, ЗАДАЧА ПРО МІНІМАЛЬНЕ ПОКРИТТЯ.

## ANNOTATION

The aim of the thesis is study the effectiveness of using neural network approach to solving the problem of minimum coverage.

Object is solving the problem of the minimum coverage on a graph. Subject of research - the study of algorithms for solving the problem of the minimum coverage based ANN system.

To address the problems in the used optimization techniques, graph theory, neural networks, algorithms for problem solving combinatorial and discrete optimization.

As a result of neural network model developed for solving the problem of the minimum coverage developed software "neural network Hopfield problem to solve," realizing efficient computational algorithm for solving the problem of the minimum coverage on a graph using the method of calculating penalty coefficients members Hopfield network energy function.

The simulation results show that the proposed algorithm works with an error (10% - 12%), making it suitable for use to solve practical problems in terms of limitations on the accuracy of results and measurement of tasks.

Developed software that allows for solving the problem of minimum coverage. During the experimental simulation was Influences of initial states Hopfield neural network model on the quality of the results obtained. The analysis of the results compared to the exact method and concluded that the neural network method showed greater temporal complexity of solving the problem than accurate method.

Modelling done by means of the following tools: visual modeling package IBM Rational Rose; Software development environment software - Microsoft Visual Studio 2010; programming language - C #.

**Keywords:** NEURAL NETWORKS FUNCTION ENERGY HOPFIELD AND TANK, NEURAL NETWORK MODELS, DISCRETE OPTIMIZATION, TRAVELING SALESMAN PROBLEM, PROBLEM OF MINIMUM COVERAGE.